

国際科学技術共同研究推進事業
地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム（SATREPS）

研究領域「地球規模の環境課題の解決に資する研究」

研究課題名「スマートマイニング+による環境破壊を引き起こさない持続可

能な環境調和的鉱山開発システムの構築」

採択年度：令和6（2024）年度/研究期間：5年

相手国名：カザフスタン共和国

令和6（2024）年度実施報告書

国際共同研究期間^{*1}

2025年4月29日から2030年4月28日まで

JST側研究期間^{*2}

2024年6月1日から2030年3月31日まで

（正式契約移行日2025年4月1日）

*1 R/Dに基づいた協力期間（JICAナレッジサイト等参照）

*2 開始日=暫定契約開始日、終了日=JSTとの正式契約に定めた年度末

研究代表者：川村 洋平

北海道大学大学院工学研究院・教授

I. 国際共同研究の内容 (公開)

1. 当初の研究計画に対する進捗状況

(1) 研究の主なスケジュール

研究活動		2024年度 (10ヶ月)	2025年度	2026年度	2027年度	2028年度	2029年度
研究題目 1「鉱山および周辺環境モニタリングシステムの構築」							
活動 1-1	マイルストーン	露天・坑内ドローン撮影・モデル技術の開発			定期的な撮影による情報更新		
	当初計画						
	当年度計画						
	進捗状況						
活動 1-2	マイルストーン	地質データの収集		フィールド調査			
	当初計画						
	当年度計画						
	進捗状況						
活動 1-3	マイルストーン	RSデータの収集		異高度データ集積・AIモデルの構築			
	当初計画						
	当年度計画						
	進捗状況						
活動 1-4	マイルストーン	センサ・計測項目の選定		通信基盤の整備		マルチモーダル計測の実現	
	当初計画						
	当年度計画						
	進捗状況						
活動 1-5	マイルストーン			初期環境評価		中期環境評価	後期環境評価
	当初計画						
	当年度計画						
	進捗状況						
研究題目 2「デジタルツインの構築・実装」							
活動 2-1	マイルストーン	インターフェースの開発と評価			修正	試験運用	修正
	当初計画						
	当年度計画						
	進捗状況						
活動 2-2	マイルストーン		VR設備の構築	VR/AR技術の開発と評価		試験運用	
	当初計画						
	当年度計画						
	進捗状況						
活動 2-3	マイルストーン		データベースの構築		各種AIアプリの開発	試験運用	修正
	当初計画						
	当年度計画						
	進捗状況						

活動 2-4	マイルストーン						環境リスク評価と高度化
	当初計画						↓
	当年度計画						↓
	進捗状況						
研究題目 3「鉱害対策・即時処理技術の現場試験」							
活動 3-1	マイルストーン		地下水流路制御技術の試験導入と評価		トライアルとフィードバック		試験運用
	当初計画						↓
	当年度計画						↓
	進捗状況						
活動 3-2	マイルストーン		廃水処理装置・発生源対策の試験導入と評価		トライアルとフィードバック		試験運用
	当初計画						↓
	当年度計画						↓
	進捗状況						
活動 3-3	マイルストーン				新規採掘技術の導入と評価		運用
	当初計画						↓
	当年度計画						↓
	進捗状況						
研究題目 4「“スマートマイニング+”普及の為の制度設計・社会認知・理解醸成」							
活動 4-1	マイルストーン					経済学的分析の提示	
	当初計画						↓
	当年度計画						↓
	進捗状況						
活動 4-2	マイルストーン		タスクフォース設置・法整備の準備		資金調達スキームの提示		法整備の協議
	当初計画						↓
	当年度計画						↓
	進捗状況						
活動 4-3	マイルストーン				鉱山操業による環境リスクと社会受容性評価		
	当初計画						↓
	当年度計画						↓
	進捗状況						
活動 4-4	マイルストーン				“スマートマイニング+”導入に関するステークホルダー対話		
	当初計画						↓
	当年度計画						↓
	進捗状況						
活動 4-5	マイルストーン					実験鉱山見本市の開催	
	当初計画						↓
	当年度計画						↓
	進捗状況						
活動 4-6	マイルストーン				VR/AR教材の開発		VR/AR教材の現場導入
	当初計画						↓
	当年度計画						↓
	進捗状況						

(2) プロジェクト開始時の構想からの変更点(該当する場合)

当初計画していた研究対象鉱山である Sekisovskoye 鉱山について、鉱山を所有する AltynGold 社より、鉱山の提供に関する再検討を希望する申し出があった。このため、プロジェクト全体計画における AltynGold 社の役割について、再度詳細な協議を実施する方向で検討を進めている。併せて、プロジェクトの研究目的を損なわない、代替可能な鉱山候補に関する情報収集を開始した。

2. 計画の実施状況と目標の達成状況 (公開)

(1) プロジェクト全体

2024年8月に詳細計画策定調査を実施し、日本から在外研究員5名をカザフスタンに派遣した。現地において、カザフスタン側、日本側研究参画機関等との協議を行い、プロジェクト推進に向けた具体的な実施計画の精緻化を図った。これらの協議結果に基づき、2024年11月にR/D(討議議事録)を締結し、さらに2024年11月(北海道大学合意日)および2025年1月(ナザルバエフ大学合意日)にそれぞれCRA(共同研究契約)を締結した。

当初、日本側の研究参加機関は3機関であったが、プロジェクトの重要課題である地下水処理技術およびスマートセンサ選定を強化するため、新たに2機関が加わり、計5機関体制となった。なお、2024年3月までに、すべての参画機関との間で誓約書を取り交わし、正式な参画合意を得ている。

(2) 各研究題目

(2-1) 研究題目1:「鉱山および周辺環境モニタリングシステムの構築」

研究グループ「環境モニタリング」(リーダー:大竹翼)

暫定期間中、地質情報および地下水流動系に関する現地での事実情報の収集を進めたが、現地調査の機会が限られていたため、ナザルバエフ大学およびAltynGold社が保有する地質データおよび採水地点に関する情報の取得を中心に活動を展開した。一方、国内では、AI解析の基盤となる教師データとしてリモートセンシング画像の収集を行うとともに、環境汚染のヒートマップ作成に向けたモデル解析ソフトウェアの導入準備を進めた。特に、GAN(Generative Adversarial Network: 敵対的生成ネットワーク)を活用し、取得データから特徴を学習しつつ、擬似データを生成することによって、AIモデルの精度向上と解析効率の向上を図ることを目的とした準備を行った。

また、現地におけるマルチモーダル測定体制の構築に向け、通信技術導入の前提となるカザフスタン国内の通信インフラの整備状況について調査を行い、その結果をもとに、スマートセンサおよびデータ集積用サーバの仕様策定を進めた。あわせて、新たに参画したスマートセンサ開発機関がカザフスタン国内に事務所を有していることを活用し、日本からの機材輸送方法の確認も行い、研究実施に向けた物流面での準備も整えた。

(2-2) 研究題目2:「デジタルツインの構築・実装」

研究グループ「デジタルツイン構築」(リーダー:北原格)

現地ナザルバエフ大学と協議し、遠隔情報共有および現地技術者養成、鉱山環境管理の理解醸成等の活用を予定しているVRシアターの設置場所について検討を行った。また、現地におけるマルチモーダル測定のための通信技術導入にあたり、カザフスタン国内の通信インフラ整備状況の調査を実施した。

【令和6年/2024度実施報告書】【250531】

その調査結果を踏まえ、スマートセンサやデータ集積用サーバの仕様策定を進めている。

(2-3) 研究題目 3 : 「鉱害対策・即時処理技術の現場試験」

研究グループ「鉱害対策・即時処理」(リーダー: 有馬孝彦)

ナザルバエフ大学と AltynGold 社との間での MOU (覚書) が未締結であることから、現時点では AltynGold 社の操業計画等の詳細情報の入手は実現していない。しかし、北海道大学と AltynGold 社との間で、秘密保持を含む個別契約の締結可能性について検討を開始しており、早期の共同研究開始に向けた準備を進めていく予定である。

また、日本国内では操業中の鉱山が非常に限られ、休廃止鉱山が中心である状況にあるが、操業鉱山に関する実務的知見を有する機関が新たに研究参画機関として加わった。これにより、カザフスタンにおける対象鉱山での現場応用を見据えた準備が可能となり、今後の操業支援の観点から、実用性の高い知見活用が期待される体制が整いつつある。

(2-4) 研究題目 4 : 「“スマートマイニング+” 普及の為の制度設計・社会認知・理解醸成」

研究グループ「制度設計」(リーダー: 宇山智彦)

研究グループ「社会認知・理解醸成」(リーダー: 保高徹生)

社会生態学的な視点からの評価を行うために必要な基礎情報を円滑に収集できるよう、関連情報を所管・管理する現地省庁およびその担当セクションについての調査を実施し、実務的な連携ルートの把握に努めた。

II. 今後のプロジェクトの進め方、およびプロジェクト/上位目標達成の見通し (公開)

本プロジェクトの目標は、「地下鉱物資源開発に起因する環境破壊を引き起こさない持続可能な環境調和的鉱山開発システムの社会実装とその“あり方”の提言」である。その実現は、上位目標である「脱炭素社会の実現に向けた持続的なレアメタル鉱山開発に寄与し、日本への安定的な資源確保を実現すること」に直結しており、本プロジェクトの今後の展開は、技術開発と社会制度設計の統合によってこの二重の目標に確実に接近することを目指している。

まず、研究題目 1 においては、AI 解析とハイパースペクトル撮影、ドローン/SfM 技術による坑道の 3D モデル化を組み合わせ、環境モニタリングを高精度化することで、鉱害の“予兆”を掴む体制を整備する。これにより、鉱山開発の初期段階から環境影響を把握し、汚染の未然防止を可能とする「予測・予防型」モニタリングシステムを社会実装する。中央アジアを含む他鉱山国への技術展開を見据え、これらをパッケージ化し、日本発の標準技術として展開することを視野に入れる。

研究題目 2 では、実空間の観測結果をサイバー空間に再構成する「鉱山デジタルツイン」を整備し、連動する AI プラットフォームによって、環境・操業の“見える化”を実現する。ナザルバエフ大学との協働により、現地での VR/AR 教育や住民参加型ワークショップを導入し、技術だけでなく「理解と受容」を伴う実装体制を構築する。これは鉱山技術の単なる移転ではなく、地域社会との共創を含む社会システムの国際展開として高く評価されるものとなる。

研究題目 3 では、AI によって同定された地下水汚染リスクに対し、ドレーン処理やプレ/ポストグラ

ウチング、小型廃水処理装置などを現場に導入し、鉱害を“発生させない”ことを目的とした即時対応型処理技術の実証を進める。JX 金属（株）等の企業連携により、日本の休廃止鉱山対策技術を、カザフスタンでの操業鉱山に適用することで、負の遺産を繰り返さないグローバルモデルを構築する。現在は、AltynGold 社との正式契約締結に向けた交渉と並行して、代替鉱山候補との調整を進めることで、柔軟かつ実行力のある研究体制の維持を図っている。

研究題目 4 では、ナザルバエフ大学と連携した制度設計タスクフォースの下、「スマートマイニング＋環境認証制度（仮称）」を検討しており、これにより環境配慮型鉱物の国際市場における差別化とインセンティブ付与を可能とする。加えて、KazAID や世界銀行等と連携したグリーンファイナンス・無償資金スキームの整備により、導入企業の初期負担を軽減し、持続可能な実装モデルの構築を目指していく。これは単に一国で完結する制度設計ではなく、中央アジア全域を含む鉱業政策へのモデル提示となるものである。

こうした統合的な取組みを通じ、本プロジェクトは脱炭素社会を支えるレアメタル安定供給体制を環境調和的に実現する道筋を提示するものである。これは我が国のエネルギー安全保障政策とも強く整合し、同時に、開発途上国への先端技術移転と国際協調の実例として、日本の科学技術外交の強化にも資する。今後は、制度・技術・人材育成を一体とした統合モデルを構築し、国際見本市や学術国際会議等を通じて成果の可視化と波及を加速させていく。

Ⅲ. 国際共同研究実施上の課題とそれを克服するための工夫、教訓など（公開）

本共同研究では、相手国研究代表者との間で申請段階から綿密な協議を重ね、研究の方向性および実施計画について高いレベルでの合意が形成されていた。しかしながら、実際の契約締結にあたっては、契約主体が研究機関間となるため、研究者間での合意内容が、必ずしも研究機関レベルでの承認・契約条件と一致しない事態が発生した。特に、予算の用途に関する解釈や支出条件をめぐって意見の相違が生じ、契約交渉が難航する場面があった。

また、相手国の研究代表機関において契約担当者が途中で退職したことにより、現地協力企業との連携がとれずに、当初研究対象として計画していた鉱山（Sekisovskoye 鉱山）を所有する AltynGold 社より、鉱山の提供に関する再検討の申し出があった。これにより、研究対象の見直しを余儀なくされる事態となった。本件から得られた教訓として、国際共同研究の円滑な実施においては、研究機関間の契約手続き（R/D）だけでなく、現地協力企業との関係性も法的・実務的に明文化し、R/D と並行して個別に整理することが極めて重要であるという点である。

Ⅳ. 社会実装に向けた取り組み（研究成果の社会還元）（公開）

当該年度は該当無し。

Ⅴ. 日本のプレゼンスの向上（公開）

2024 年 6 月 28 日の北海道新聞朝刊一面にて、本 SATREPS プロジェクトの概要と意義が大きく紹介さ

れた。記事では、カザフスタンにおける環境配慮型採掘技術の確立を目指す取り組みが、世界的にも先進的な試みであり、日本にとってはレアメタル供給網の多様化と資源外交の推進にも資するものであると報じられた。また、南海トラフ地震臨時情報の発表を受け、岸田首相による中央アジア訪問が中止された2024年8月10日には、北海道ニュースUHB (<https://www.uhb.jp/news/single.html?id=44592>)にて本研究が特集され、AI・スマートセンシングなど先端技術を用いた国際共同研究の先進事例として紹介された。

さらに、2024年8月13日には、カザフスタンのビジネス専門ウェブサイト (<https://inbusiness.kz/kz/last/kazakstan-men-zhaponiya-pajdaly-kazbalardy-ondiru-adisterin-engizu-ushin-kush-biriktirude>)において本研究が「野心的なプロジェクト」として取り上げられ、日本とカザフスタンの科学技術協力として評価されるとともに、今後の連携強化への期待が示された。

以上

VI. 成果発表等

(1) 論文発表等【研究開始～現在の全期間】(公開)

① 原著論文(相手国側研究チームとの共著)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)

論文数 0 件
 うち国内誌 0 件
 うち国際誌 0 件
 公開すべきでない論文 0 件

② 原著論文(上記①以外)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)

論文数 0 件
 うち国内誌 0 件
 うち国際誌 0 件
 公開すべきでない論文 0 件

③その他の著作物(相手国側研究チームとの共著)(総説、書籍など)

年度	著者名,タイトル,掲載誌名,巻数,号数,頁,年		出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項

著作物数 0 件
公開すべきでない著作物 0 件

④その他の著作物(上記③以外)(総説、書籍など)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ-おわりのページ		出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項

著作物数 0 件
公開すべきでない著作物 0 件

⑤研修コースや開発されたマニュアル等

年度	研修コース概要(コース目的、対象、参加資格等)、研修実施数と修了者数	開発したテキスト・マニュアル類	特記事項

VI. 成果発表等

(2) 学会発表【研究開始～現在の全期間】(公開)

① 学会発表(相手国側研究チームと連名)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別

招待講演 0 件
口頭発表 0 件
ポスター発表 0 件

② 学会発表(上記①以外)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別

招待講演 0 件
口頭発表 0 件
ポスター発表 0 件

VI. 成果発表等

(3) 特許出願【研究開始～現在の全期間】(公開)

①国内出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者所属機関	関連する外国出願※
No.1													
No.2													
No.3													

国内特許出願数 0 件

公開すべきでない特許出願数 0 件

②外国出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者所属機関	関連する国内出願※
No.1													
No.2													
No.3													

外国特許出願数 0 件

公開すべきでない特許出願数 0 件

VI. 成果発表等

(4) 受賞等【研究開始～現在の全期間】(公開)

①受賞

年度	受賞日	賞の名称	業績名等 (「〇〇の開発」など)	受賞者	主催団体	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項

0 件

②マスコミ(新聞・TV等)報道

年度	掲載日	掲載媒体名	タイトル/見出し等	掲載面	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項
2024	6月28日	北海道新聞	「レアメタル産出国 北大支援」 北大発技術でカザフの鉱山 開発支援 AIで環境汚染減 レアメタル確保	朝刊1面	1.当課題研究の成果である	
2024	8月10日	北海道ニュースUHB	岸田首相の訪問は中止に なったが… カザフスタン “レ アメタル” 鉱山の「公害」を防 げ！ドローンやAIでつくる最 先端バーチャル空間で北大 教授が支援	WEB記事	1.当課題研究の成果である	
2024	8月13日	Inbusiness.kz(カザフスタ ンビジネス専門ウェブサイト)	カザフスタンと日本が野心的 な採掘プロジェクトについて 話し合う	WEB記事	1.当課題研究の成果である	

3 件

VI. 成果発表等

(5) ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等の活動【研究開始～現在の全期間】(公開)

① ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等

年度	開催日	名称	場所 (開催国)	参加人数 (相手国からの招聘者数)	公開/ 非公開の別	概要
2024	5月9日	札幌東ロータリークラブ例会卓話	札幌パークホテル (日本)	82名 (0名)	非公開	研究リーダー(川村)による、札幌東ロータリークラブ会員向けの卓話
2024	5月29日	JST・JICA SATREPSセミナー	Dushanbe Serena Hotel (タジキスタン)	57名 (0名)	非公開	研究リーダー(川村)による、タジキスタンの行政機関関係者や研究者向けのカザフスタン課題の事例紹介
2024	6月22日	北海道大学校友会事務局主催保護者向けキャンパスツアー	北海道大学 (日本)	40名 (0名)	非公開	研究リーダー(川村)による、北海道大学保護者向けの説明
2024	6月24日	カザフスタンSATREPSキックオフミーティング	Zoom	18名 (0名)	非公開	研究リーダー(川村)による、SATREPS事業全般に関する説明ミーティング
2024	7月2日	カザフスタンSATREPSリーダー等ミーティング	北海道大学 (日本) ハイブリッド	対面7名、ウェブ4名 (0名)	非公開	各題目リーダーを中心に、SATREPS全体研究計画書作成に沿った、研究内容の詳細決定ミーティング
2024	8月5日-6日	北海道大学オープンキャンパスにおけるSATREPSポスター	北海道大学 (日本)	観覧人数 348名 (0名)	公開	カザフスタンSATREPSプロジェクトに関するポスターを掲示
2024	9月2日	8th International Symposium on Earth Resources Management & Environment (ISERM 2024)	北海道大学 (日本)	53名 (0名)	公開	研究リーダー(川村)による、ISERM 2024向けの基調講演
2024	9月11日	一般社団法人資源・素材学会 資源・素材2024(秋田)	秋田大学 (日本)	50名 (0名)	公開	研究リーダー(川村)による、世界と伍する資源人材の育成と国際プロジェクトの企画講演
2024	11月1日	札幌市立藻岩高等学校	藻岩高等学校 (日本)	15名 (0名)	非公開	研究リーダー(川村)による、藻岩高等学校学生向けの説明
2024	11月6日	北海道札幌東高等学校大学学部説明会	札幌東高等学校 (日本)	39名 (0名)	非公開	研究メンバー(大友)による、説明会での出張講義「資源の安定的な確保に向けたアジア・アフリカにおける共同研究の紹介」でカザフスタン課題の紹介
2025	3月10日	公開Webinar「資源で繋ぐ中央アジアと日本-資源エネルギー系SATREPS事業を通じた学術交流と社会実装-」	日本エネルギー経済研究所 (日本)	対面31名、ウェブ16名 (対面0名、ウェブ2名)	公開	研究リーダー(川村)による、カザフスタンSATREPSプロジェクトに関する講演

11 件

② 合同調整委員会(JCC)開催記録(開催日、議題、出席人数、協議概要等)

年度	開催日	議題	出席人数	概要

0 件

